

# INTRODUCTION AUX RECHERCHES SUR LA PRÉSENCE DE SUBSTANCES HYDRO-CARBOXYNÉES ET LIPO-PROTEIQUES DANS LES CLAIRES A HUITRES ET SUR LEUR RELATION ÉVENTUELLE AVEC LA PIGMENTATION DE *NAVICULA OSTREARIA* B.

par Jean MOREAU

## INTRODUCTION

Dans une première publication (MOREAU, 1967), le rôle du complexe pigmentaire de *Navicula ostrearia* B. dans le mécanisme du verdissement des huîtres en claires a été étudié, ainsi que, plus récemment, l'influence que peuvent avoir à cet égard divers facteurs du milieu. La cause profonde du phénomène reste cependant mal connue et il nous a paru nécessaire d'examiner l'hypothèse formulée par RANSON (1927), selon laquelle la pigmentation de *N. ostrearia* serait intimement liée à la présence des huîtres. Pour cet auteur, en effet, « le mucus des huîtres est formé de mucines vraies dont l'hydrolyse acide par un phénomène bactérien aboutit à des sucres réducteurs » et ceux-ci constitueraient, toujours selon lui, l'agent causal de la pigmentation de *N. ostrearia*. Cette conception a été fort discutée notamment par BACHRACH (1935) et RANSON lui-même avait cité certains auteurs (MIQUEL, 1892 ; CHODAT, 1913), selon lesquels en présence d'hydrates de carbone « les diatomées deviennent sans couleur ».

Cette nouvelle note a pour but d'exposer des recherches effectuées sur la présence, la nature et la relation de ces substances, sous forme dissoute ou particulière, avec le phénomène du verdissement et la pigmentation de *N. ostrearia*.

Cette recherche s'imposait en effet. Bien que la production d'hydrates de carbone, notamment par les végétaux inférieurs ne soit plus à démontrer, leur formation, selon STRICKLAND (1960), paraît être plus grande chez les diatomées s'accroissant sous des conditions de nutrition légèrement défavorables et à une intensité de lumière très modérée. Or ces facteurs paraissent précisément se trouver parmi ceux qui favorisent une pigmentation optimale de *Navicula ostrearia* dont on sait que les cellules âgées, après plusieurs jours de pigmentation, produisent davantage d'oligo-saccharides et de polysaccharides, la principale réserve en hydrates de carbone de l'ensemble des chlorophycées étant constituée de polymères de glucose. Enfin la présence d'acide hexuronique n'est pas détectée selon PARSONS et coll. (1961) dans toutes les espèces de protophytes.

### Méthodes utilisées.

Des essais de dosages spectrophotométriques des hydrates de carbone dissous dans l'eau de mer ont été effectués d'après la technique de DUBOIS et coll. (1956) par traitement des sucres en hexoses au phénol et à l'acide sulfurique concentré.

Pour le dosage des hydrates de carbone particuliers inclus dans la biomasse planctonique on a utilisé la méthode de HEWITT (1958) modifiée *in* STRICKLAND et PARSONS (1965) en filtrant les eaux prélevées sur un filtre en fibre de verre Gelman type A. Une vérification expérimentale a permis d'établir qu'aucune interférence n'apparaissait avec l'utilisation de ce filtre comme le montre la similitude des deux courbes  $E_b$  et F portées sur le graphique de la figure 1.

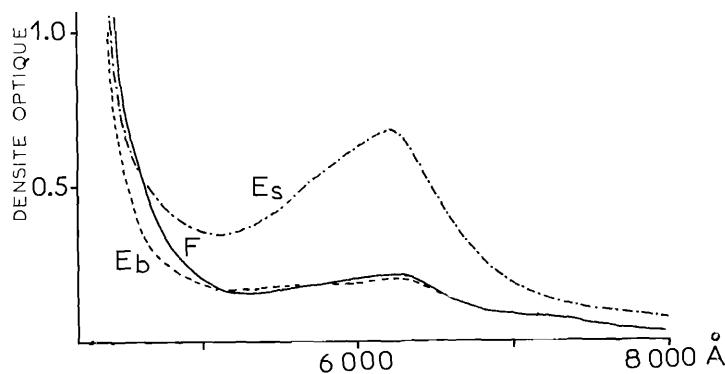


FIG. 1. — Courbes d'absorption obtenues avec les essais d'étalonnage pour le dosage des hydrates de carbone particuliers (avec et sans filtre).  $E_s$  : essai standard avec glucose;  $E_b$  : essai à blanc normal; F : essai à blanc avec filtre Gelman A.

Le dosage spectrophotométrique des hydrates de carbone particuliers contenus dans la vase superficielle des claires a donné lieu à une adaptation de la technique précédente d'après le schéma suivant. La vase superficielle est prélevée avec de grandes précautions et placée immédiatement dans une boîte de Petri avec un peu de l'eau de la même claire. Après une décantation pendant deux heures environ, qui reconstitue le faciès benthique de la claire, trois à cinq millilitres de vase sont prélevés en surface et homogénéisés avec de l'eau de mer artificielle exempte d'hydrates de carbone dans un volume total de 100 ml. On procède alors au dosage, toujours en double, avec un millilitre de ce mélange selon la méthode classique, mais une centrifugation à environ 6 000 t/mn est effectuée après avoir obtenu la réaction thermo-chimique à 100° C en présence de la solution acide à base d'anthrone. Dans le calcul des résultats il est bien entendu tenu compte de la quantité de vase dont la hauteur est lue dans une éprouvette après repos de cinq minutes exactement, et le facteur F d'étalonnage est modifié en conséquence. Une correction est également effectuée pour la turbidité et pour la pigmentation résiduelles. Le résultat ainsi obtenu exprime la quantité d'hydrates de carbone en  $\mu\text{g}$  de glucose contenue dans un millilitre de vase superficielle. Des essais répétés de la méthode, telle qu'elle vient d'être définie, ont montré que sur deux prélèvements de la même claire une approximation des mesures des densités optiques de l'ordre de  $\pm 0,05$  peut être obtenue, ce qui paraît très satisfaisant.

La solution destinée à la mesure spectrophotométrique présente des courbes d'absorption particulières où l'acide hexuronique et ses dérivés hexuronides, les sucres en hexose et en pentose peuvent être définis qualitativement, et aussi quantitativement pour les hexoses. Les courbes ont été effectuées pour les eaux de nombreuses claires possédant ou non *Navicula ostrearia* ainsi que pour certaines diatomées dont cette espèce particulière après isolement à divers stades de son développement.

Le dosage spectrophotométrique des chlorophylles a été effectué à l'aide d'une technique déjà précisée (MOREAU, 1967). Il s'agit de celle de RICHARDS et THOMPSON (1952) revue par PARSONS et STRICKLAND (1963) et améliorée d'après SPENCER (1964). En outre les modifications suivantes ont été apportées.

La chlorophylle a a été directement calculée d'après la formule de HUMPHREY et JEFFREY *in* SCOR-UNESCO, Paris (1966), p. 68.

La chlorophylle c, pour laquelle une précision plus grande est souhaitable, a été dosée à partir de l'extrait dans l'acétone à 90 % utilisé pour le dosage précédent mais selon la technique de PAR-

SONS (1963). L'extrait est traité à l'hexane qui joue le rôle d'adsorbant pour séparer les pigments et la chlorophylle *c* est alors déterminée en évaluant sa transformation en phéophytine *c* par acidification du milieu.

Les chlorophylles totales et les caroténoïdes non astaciens ont été analysés selon la même méthode déjà utilisée (MOREAU, 1967). Il en est de même pour la technique de numération de *Navicula ostrearia*.

### Recherches préliminaires.

#### 1) Hydrates de carbone dissous.

Les résultats généraux obtenus avec la technique de DUBOIS et coll. (1956) ont été les suivants.

Dans l'eau des claires les teneurs en hydrates de carbone dissous varient suivant l'alimentation et les coefficients de marée et suivant l'agitation de l'eau par les vents qui peut mettre en suspension des quantités diverses d'éléments végétaux benthiques. Les valeurs obtenues sont comprises entre 40 et 400  $\gamma/l$ .

Dans les eaux de la Seudre, de 4 m à la surface, les teneurs, d'ailleurs faibles, varient entre 75  $\gamma$  et des traces difficilement décelables.

L'eau intervalvaire de douze huîtres *Crassostrea gigas* TH. a donné des résultats comparables à ceux obtenus avec l'eau des claires : les valeurs étaient comprises entre 280 et 340  $\gamma/l$ .

Ces premières approximations obtenues, le type de dosage n'a pas été poursuivi, car, pour donner des résultats d'une précision rigoureuse les mesures nécessitent un étalement suffisant de la zone du spectre proche de l'ultra-violet. Il est alors apparu préférable à l'expérimentation de doser les hydrates de carbone particuliers soit pour établir la relation éventuelle avec les organismes chlorophylliens planctoniques, soit pour obtenir la teneur en hydrates de carbone particuliers du tapis végétal benthique où vit précisément *N. ostrearia*.

#### 2) Hydrates de carbone particuliers contenus dans la biomasse planctonique.

La méthode de Hewitt (*in* STRICKLAND et PARSONS, 1965) a été utilisée pour 23 prélèvements effectués en périodes d'été et d'hiver, c'est-à-dire à des périodes de développement végétal intense ou nul, dans des claires pigmentées ou non par *N. ostrearia*.

Le rapport moyen des hydrates de carbone particuliers et des pigments : chlorophylles *a + b + c* et caroténoïdes non astaciens, se trouve compris dans des limites étroites quand on compare les résultats obtenus dans les mêmes conditions d'alimentation des claires : le rapport global est de 5,37 dans les claires pigmentées et de 6,89 dans celles non pigmentées ou blanches.

Ce résultat n'est pas particulièrement significatif bien qu'il indique une tendance à une plus grande production d'hydrates de carbone dans les claires dépourvues de *Navicula ostrearia*, donc possédant une teneur en pigments plus grande. Mais il est à remarquer que ces deux résultats sont comparables à ceux obtenus par PARSONS, STEPHENS, STRICKLAND (1961) qui ont déterminé la composition chimique de plusieurs espèces de Bacillariophycées planctoniques. Le rapport calculé des hydrates de carbone et des mêmes pigments totaux obtenus par ces auteurs s'établit en effet entre 4,40 et 8,27.

Ces résultats d'ensemble ne montrent donc pas de particularité remarquable pouvant expliquer la présence des hydrates de carbone dans les claires. L'explication de ce problème a donc été recherchée dans l'analyse de la couche benthique des vases et dans l'examen comparatif des courbes d'absorption des organismes qui y sont contenus, après le traitement biochimique approprié.

### Recherches sur les hydrates de carbone particuliers et sur leur relation avec la teneur en chlorophylles.

Les claires expérimentales utilisées sont toutes situées au SE du bassin de Marennes-Oléron. Les claires A et B sont éloignées d'environ 1,700 km de la rive sud de la Seudre ; elles sont très voi-

sines l'une de l'autre et sont alimentées par le même chenal à un niveau identique compris entre 0,80 et 0,85. Les claires C et D situées au contraire en bordure de la Seudre sont à un niveau différent : elles sont alimentées à partir d'un coefficient de 0,75 pour la claire C et de 0,65 seulement pour la claire D. L'eau de cette dernière est donc plus souvent renouvelée. Les figures 2 et 3 indiquent pour chaque claire les périodes respectives de submersion ou d'alimentation.

La claire A contenait des huîtres à raison de 20 à 30/m<sup>2</sup>, les autres en étaient continuellement dépourvues pendant toute la durée des observations.

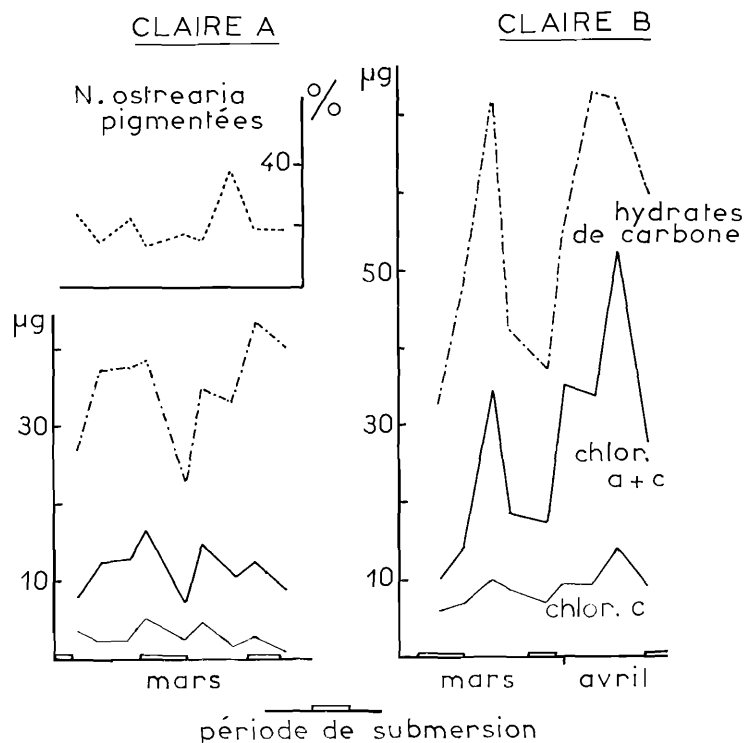


FIG. 2. — Variations simultanées de la teneur en chlorophylles (en  $\mu\text{g/l}$ ) et en hydrates de carbone particuliers de la vase superficielle (en  $\mu\text{g}$  de glucose/ml de vase) dans les claires A et B.

1) Evolution simultanée de la teneur en chlorophylles et en hydrates de carbone particuliers contenus dans la vase superficielle.

A la fin de l'hiver les deux claires A et B ont fait l'objet d'examen suivis afin de déterminer les teneurs en hydrates de carbone particuliers et en chlorophylle a + c des vases superficielles. La chlorophylle c plus caractéristique des diatomées a été précisée à part sur la figure 2. Les claires C et D dont les résultats sont portés de la même manière sur la figure 3 ont fait l'objet de recherches semblables en avril et en mai.

Le printemps, qui coïncide avec une multiplication intense des organismes végétaux, ne constitue généralement pas la période la plus favorable au développement et à la pigmentation de *Navicula ostrearia*. Celle-ci s'est cependant bien développée dans les claires A et D, ce qui les distingue des autres, car la teneur en hydrates de carbone particuliers contenus dans la vase superficielle est nettement moins importante dans ces claires pigmentées. En outre, tandis que la teneur en hydrates de carbone ne dépasse pas 40,4  $\mu\text{g}$  de glucose par ml de vase dans la claire A, elle atteint jusqu'à 70,3  $\mu\text{g/ml}$  de vase dans la claire B. De même la teneur en hydrates de carbone est généralement moins élevée dans la claire D pigmentée que dans la claire C qui reste blanche.

Fait remarquable, sur ces graphiques on note une corrélation constante entre la teneur en hydrates de carbone et en chlorophylles a + c ou en chlorophylle c seulement. Ces figures montrent en effet que les variations de la teneur en sucres et en pigments chlorophylliens sont en rapport avec les périodes de submersion propres à chaque claire suivant le coefficient de marée. C'est ainsi qu'à chaque alimentation on observe une chute corrélative de la teneur en pigments et en sucres en rapport avec les périodes de submersion de chaque claire qui s'explique par la faible richesse des eaux de la Seudre en hydrates de carbone dissous, déjà indiquée plus haut. Le lavage

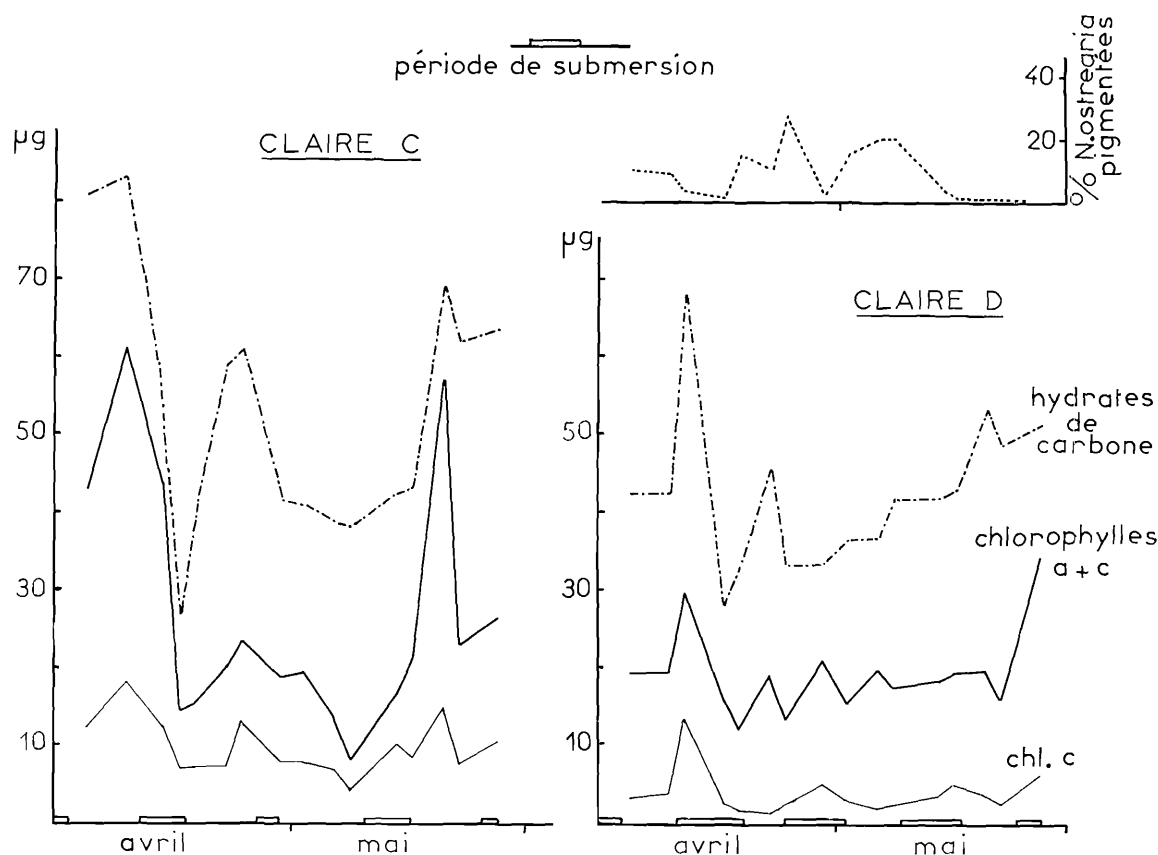


FIG. 3. — Variations simultanées de la teneur en chlorophylles (en µg/l) et en hydrates de carbone particuliers de la vase superficielle (en µg de glucose/ml de vase) dans les claires C et D.

des fonds, qui intervient à chaque alimentation, explique également la relation entre la teneur en hydrates de carbone particuliers et celle en pigments chlorophylliens ; cette dernière dépendant à son tour de l'abondance de *Navicula ostrearia* pigmentée (MOREAU, 1967).

Enfin la claire A, qui seule contenait des huîtres, a montré une teneur régulièrement moindre en pigments chlorophylliens, fait paraissant imputable à la nourriture absorbée, mais sa teneur en hydrates de carbone particuliers des vases a toujours été inférieure à celle observée à la même période dans la claire B plus riche en pigments.

En résumé l'observation cinématique de ces variations biochimiques dans quatre claires souvent très différentes, de mars à mai, a permis de dégager les principales conclusions suivantes :

les claires blanches, dépourvues de *Navicula ostrearia*, qui ont une teneur élevée en chlorophylles, ont une forte teneur en hydrates de carbone particuliers ;

les claires pigmentées montrent, en rapport avec une quantité naturellement moindre de leurs chlorophylles, une régression simultanée des hydrates de carbone particuliers.

Ces variations sont concomitantes suivant les périodes d'alimentation et de submersion. Elles suggèrent, par les diatomées, la production d'hydrates de carbone, du moins de ceux dosés sous la forme hexose (1). La présence de ces sucres est sans rapport avec celle des huîtres.

2) *Teneur en hydrates de carbone particuliers de l'eau d'une claire interprétée avec les courbes d'absorption.*

Après filtration et traitement du filtrat selon la technique décrite plus haut, les hydrates de carbone particuliers ont été mis en évidence à l'aide des courbes d'absorption. Ces expériences ont été réalisées pour effectuer des comparaisons, d'une part entre la surface et le fond, d'autre part entre les claires pigmentées ou non.

Comparaison surface-fond.

Les prélèvements ont été faits par un ensoleillement total vers 13 h 30 G.M.T. au maximum de la photosynthèse sur une claire possédant des *Navicula ostrearia* pigmentées dans une proportion de

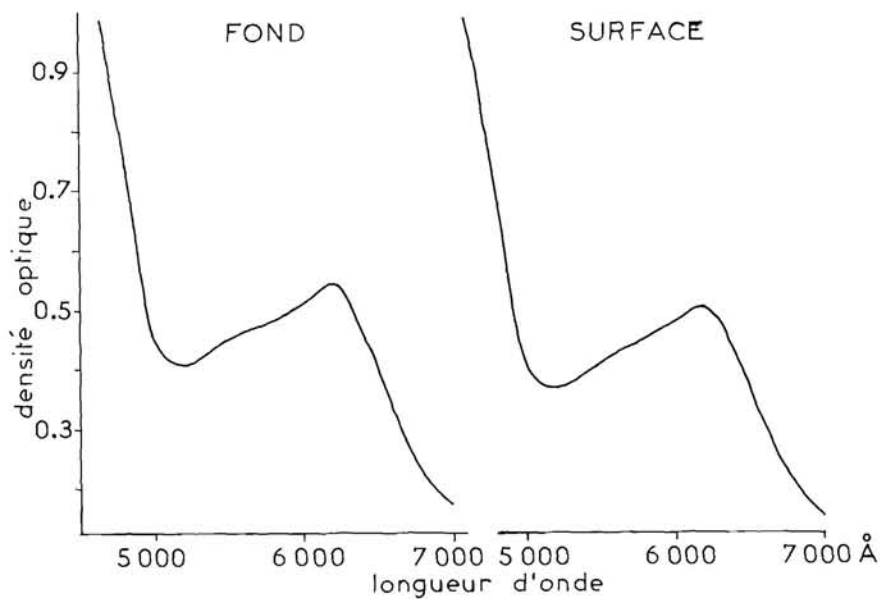


FIG. 4. — Courbes d'absorption pour des échantillons de fond et de surface traités au réactif à l'anthrone.

20 à 30 %. L'analyse moyenne des sucres en hexoses a donné 223  $\mu\text{g/l}$  au fond et 200  $\mu\text{g/l}$  en surface, la teneur en chlorophylles a et c étant respectivement de 5,10 et de 1,12  $\mu\text{g/l}$  au fond, de 4,90 et de 1,03  $\mu\text{g/l}$  en surface.

Les courbes d'absorption portées sur la figure 4 sont les résultantes des deux expériences faites à deux jours d'intervalle dans des conditions comparables. Si l'observation de ces deux courbes montre bien une densité optique légèrement plus grande au fond, dans la bande des 6 200 Å, traduisant une teneur plus élevée en hexoses, l'allure des deux courbes reste sensiblement la même et ne permet pas d'établir de différence fondamentale entre ces deux niveaux bathymétriques.

(1) La technique spectrophotométrique de HEWITT in STRICKLAND et PARSONS (1965) permet une détection qualitative des sucres en pentoses si :  $D_{5700} > 80\%$ .  $D_{6200\text{Å}}$  (D = densité optique). Aucune des analyses effectuées n'a permis de mettre en évidence la présence de ces sucres en quantité appréciable.

Comparaison d'une claire pigmentée et d'une claire blanche.

Des expériences semblables ont été réalisées avec la solution de dosage utilisant l'antrone comme réactif. Les courbes obtenues, toutes semblables suivant que les claires possédaient ou non *N. ostrearia* pigmentées, ont permis la construction de deux courbes résultantes portées sur la figure 5. Chacune résume les observations correspondant à douze analyses faites sur deux claires contiguës ou des résultats différents mais constants ont été obtenus : en effet la courbe I obtenue sur un milieu contenant *Navicula ostrearia* pigmentée et la courbe II dans une claire ne recelant que *Nitzschiella* et *Pleurosigma* présentent une densité optique différente suivant la longueur d'onde, pour un même volume filtré et des conditions expérimentales identiques.

Longueur d'onde	I	II
6 200 Å	0,190	0,190
5 500 Å	0,160	0,105
6 200 Å/5 500 Å	1,18	1,80

La teneur des sucres en hexose exprimée par la densité optique à 6 200 Å est sur la courbe II de même valeur que sur la courbe I où prédomine *N. ostrearia* pigmentée. Mais à la longueur d'onde de 5 500 Å, caractéristique de l'acide hexuronique et des hexuronides, la quantité de ceux-ci paraît nettement plus importante sur la courbe I que sur la II et le rapport entre les densités optiques à ces deux longueurs d'onde passe de 1,18 à 1,80.

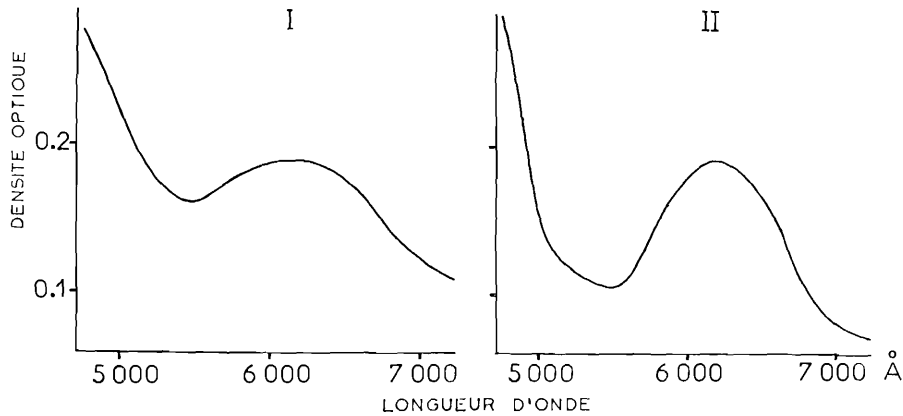


FIG. 5. — Courbes d'absorption pour des échantillons de claires pigmentée et blanche traités au réactif à l'antrone.

En résumé, si la teneur des sucres en hexoses reste inchangée dans les claires pigmentées où la flore de diatomées est toujours plus faible, la teneur en hexuronides paraît, par contre, être beaucoup plus importante. Ce résultat a conduit à envisager une étude plus poussée de ces courbes d'absorption en utilisant des cultures isolées des diatomées des claires.

### 3) Analyse qualitative des matières hydro-carbonées contenues dans les diatomées des claires.

Les organismes ont été séparés en utilisant leur photo-tropisme positif particulier et les prélèvements ont été faits dans des claires à composition différente en diatomées benthiques. Ainsi ont pu être isolés *Navicula ostrearia* et les genres les plus répandus : *Pleurosigma* et *Nitzschiella*.

a) La courbe d'absorption obtenue avec *N. ostrearia* pigmentée à 100 % est portée sur la figure 6a. Ces navicules, après isolement, ont été filtrées et n'ont subi aucun lavage avec l'eau de la claire dont elles provenaient : on a seulement utilisé les quelques millilitres indispensables. Le rapport des densités optiques à 6 200 Å et 5 500 Å qui sont les maxima d'absorption respectifs des hexoses et hexuronides est de 1,05 et témoigne d'une importante proportion de ceux-ci.

Il est apparu intéressant de connaître le comportement de ces substances particulières après un lavage des navicules en solutions diversement hypotoniques. En modifiant ainsi la faculté de diffusion vers l'extérieur à travers la membrane cellulaire au niveau du raphé, on peut apprécier le rapport éventuel avec la pigmentation. Dans ce but, des *N. ostrearia* pigmentées à 100 % ont été immergées, avant filtration, dans une eau de mer artificielle de 15 ‰ de chlorinité pendant quinze heures environ, les échantillons étant placés à une température voisine de 0°C avec un peu de CO<sub>3</sub> Mg pour éviter la dégradation plus poussée des pigments. Des échantillons témoins avec une eau de la claire d'origine ont montré la parfaite conservation de la pigmentation. Dans l'eau de chlorinité 15 ‰ où aucun phénomène biochimique ne pouvait être comparable les *N. ostrearia* se sont entièrement dépigmentées mais sont restées vivantes. La courbe d'absorption obtenue avec ces diatomées est portée sur la figure 6b. Le rapport des densités optiques de 6 200 Å à 5 500 Å monte à 1,26 et l'allure de la courbe indique une teneur moindre en acide hexuronique-hexuronides.

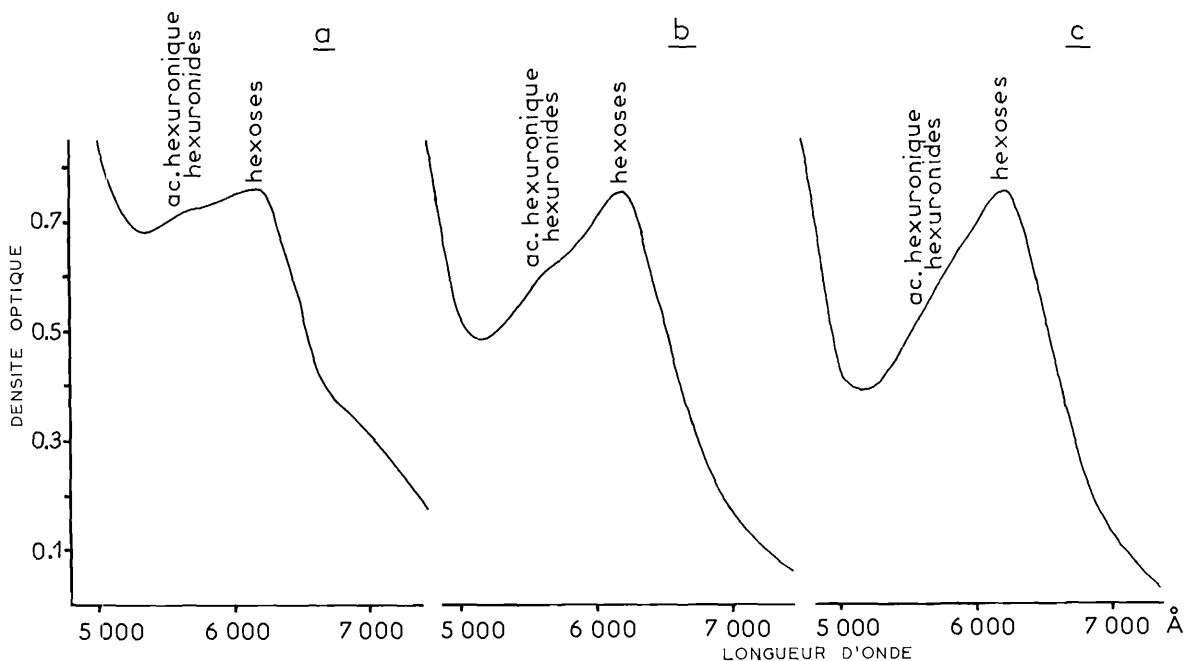


FIG. 6. — Courbes d'absorption mettant en évidence la teneur en sucres hexoses et en acide hexuronique-hexuronides inclus dans *Navicula ostrearia*.

La même expérience a été faite en lavant pendant quelques minutes *Navicula ostrearia* pigmentée à 100 % avec de l'eau distillée. La courbe d'absorption de la figure 6c ainsi obtenue ne montre qu'un sommet important à 6 200 Å et le rapport des densités optiques à 6 200 Å/5 500 Å passe alors à 1,42.

En résumé, si la présence des hexuronides est confirmée dans *Navicula ostrearia* pigmentée, leur abondance semble décroître au cours de la dépigmentation, ces substances paraissant même disparaître dans certaines conditions optimales obtenues expérimentalement.

b) L'expérience a été reprise avec d'autres diatomées et les courbes obtenues dans les mêmes conditions sont presque semblables, avec *Pleurosigma elongatum* et *Nitzschiella longissima*, à celles obtenues avec *N. ostrearia* dépigmentée, le rapport des densités optiques à 6 200/5 500 Å étant respectivement de 1,16-1,26 et de 1,33-1,36.

*Navicula ostrearia* au stade de pigmentation produit donc de l'acide hexuronique dont on sait qu'il n'est ni commun à toutes les espèces végétales inférieures ni particulier à cette diatomée.

Dans ces conditions et en résumé, la production de cette substance alliée à ses dérivés hexuronides n'apparaît pas comme la cause du phénomène de verdissement. Elle semble être plutôt une



conséquence de ce processus pigmentaire et elle constitue très probablement un produit secondaire d'un métabolisme particulier catalysé par des réactions enzymatiques spéciales qui pourraient faire l'objet de recherches approfondies.

### **Les hydrates de carbone particuliers et leur relation avec les réserves lipidiques cellulaires.**

RANSON (1927) lie la présence des « gouttelettes huileuses ou oléoplastes » observés dans *Navicula ostrearia* pigmentée ou non, à la production de marennine. Elles seraient excrétées avec ce pigment et pourraient être produites aux dépens des sucres. Pour cet auteur ces substances grasses sont le support de la marennine dont on sait aujourd'hui qu'elle ne s'apparente pas aux caroténoïdes non astaciens (MOREAU, 1967).

Les chercheurs considèrent actuellement que les hydrates de carbone sont associés à la silice des frustules de diatomées, tout autant que leurs chlorophylles sont liées à des molécules de protéines et de substances lipidiques. La production de la plupart de ces corps fait partie d'un métabolisme normal, mais leur teneur, souvent reflétée par la quantité d'azote, dépend d'un grand nombre de conditions physiologiques encore mal connues (STRICKLAND, 1960).

Il est certain en effet que les substances lipidiques qui se présentent sous deux formes : réserve ou constitution des tissus, peuvent être produites à partir des hydrates de carbone. Mais pour cet auteur ce phénomène, qui caractérise les cellules appauvries, peut se poursuivre longtemps après que la photosynthèse ou la division cellulaire aient cessé.

L'apparition de substances grasses, qui maintiennent à la surface des claires les frustules provenant des végétaux morts, ayant lieu au moment de la pigmentation intense de *N. ostrearia*, rattache parfaitement le phénomène de dégénérescence cité par STRICKLAND à la pigmentation de cette navicule désormais connue comme un processus chlorotique.

La production des hydrates de carbone et celle des graisses, même si elles sont corrélatives, sont en tout cas très fluctuantes chez les diatomées puisque PARSONS et coll. (1961) citent les valeurs de 10 à 21 pour le rapport hydrates de carbone/chlorophylle *a* et de 5 à 10 pour le rapport graisses/chlorophylle *a*. La quantité de ce pigment, à la base de la productivité primaire, conditionne tout le métabolisme où les phénomènes de phytophosphorylation peuvent jouer un rôle important (JAVILLIER et coll., 1964). Cet enchaînement d'activités physiologiques diverses, de production et de transformation pigmentaire dans d'étroites limites de pH aboutit à la pigmentation de *Navicula ostrearia* et mérite, on le voit, des recherches plus poussées, par exemple sur le comportement des ions à action antagoniste : homéorapie de PORA (1960) ou action catalytique des chlorophyllases et des carboxylases.

### **Résumé général et conclusion**

Les recherches qui viennent d'être exposées ont permis de mettre en évidence un certain nombre de résultats nouveaux concernant les substances hydro-carbonées contenues dans les claires à huîtres.

La quantité d'hydrates de carbone particuliers contenus dans la biomasse planctonique est plus importante dans les « claires blanches » dépourvues de *Navicula ostrearia* mais chargées d'organismes chlorophylliens.

Les hydrates de carbone particuliers des vases superficielles sont en quantité variable mais toujours en rapport avec la teneur en chlorophylles. Cette corrélation reste constante dans les claires pigmentées ou non malgré les submersions dues aux marées qui entraînent une dilution de ces substances.

La production par les diatomées d'hydrates de carbone sous la forme hexose est générale ; elle est en rapport inverse avec la présence de *N. ostrearia* puisque la pigmentation de cette navicule est corrélative d'une disparition des organismes chlorophylliens. Ainsi, les claires blanches ont une forte teneur en chlorophylles et en hydrates de carbone, mais la prolifération de *N. ostrearia* pigmentée amène une régression simultanée des pigments chlorophylliens et des hydrates de carbone sans rapport apparent avec la présence des huîtres dans la claire.

Par les courbes d'absorption avec le réactif à l'antrone, obtenues sur des claires différentes, il a pu être établi qu'une plus forte teneur en acide hexuronique et hexuronides existe en présence

de *Navicula ostrearia* pigmentée. L'absorption spectrale observée avec la même technique expérimentale, mais sur des navicules pigmentées isolées, a confirmé la présence de ces substances, dont la teneur diminue avec la dépigmentation de *N. ostrearia*. Cette navicule, dans cet état, n'en contient d'ailleurs pas davantage que les diatomées benthiques courantes et leur présence paraît donc dépendre du verdissement. Ce phénomène chlorotique est également en rapport avec la production des lipides, ce qui confirme son étroite relation avec le métabolisme.

*En conclusion* on peut dire que les hydrates de carbone sous la forme hexose sont une production naturelle des diatomées et *Navicula ostrearia* n'y fait pas exception. La présence de certains dérivés hydro-carbonés paraît être, dans l'état des connaissances acquises, une conséquence possible mais non une cause déterminante du phénomène de verdissement, lequel est indépendant de la présence des huîtres immergées.

#### BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

- BACHRACH (E.), 1935. — Le bleuissement des diatomées et le verdissement des huîtres. Revue critique. — *Rev. Trav. Off. Pêches marit.*, **8** (1), p. 112-123.
- DUBOIS (M.), GILLES (K.A.), HAMILTON (J.K.), REBERS (P.A.) et SMITH (F.), 1956. — Colorimetric method for determination of sugars and related substances. — *Analyt. chem.*, **28** (3), p. 350-356.
- JAVILLIER (M.) et coll., 1964. — Traité de biochimie générale. — **2** (2) : les enzymes, Paris MASSON Edit.
- MOREAU (J.), 1967. — Recherches préliminaires sur le verdissement en claires : l'évolution de leurs divers pigments liée au complexe pigmentaire de *Navicula ostrearia* B. — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, **31** (4), p. 373-382.
- 1968. — Les facteurs de verdissement de l'huître en claires : le milieu hydrobiologique et benthique et ses variations. — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, **32** (4), p. 369-385.
- PARSONS (T.R.), 1963. — A new method of the microdetermination of chlorophyll *c* in sea water. — *J. mar. Res.*, **21** (3), p. 164-171.
- PARSONS (T.R.), STEPHENS (K.) et STRICKLAND (J.D.H.), 1961. — On the chemical composition of eleven species of marine phytoplankters. — *J. Fish. Res. Bd Canada*, **18** (6), p. 1 001-1 016.
- PARSONS (T.R.) et STRICKLAND (J.D.H.), 1963. — Discussion of spectrophotometric determination of marine plant pigments with revised equations for ascertaining chlorophylls and carotenoids. — *J. mar. Res.*, **21** (3), p. 155-164.
- PORA (A.E.), 1960. — L'homéopathie, une notion à préciser dans la physiologie écologique des animaux aquatiques. — *Comm. int. Explor. sci. Mer Médit., Rapp. et P.V.*, **15** (3), p. 171-187.
- RANSON (G.), 1927. — L'absorption de matières organiques dissoutes par la surface extérieure du corps chez les animaux aquatiques. — *Ann. Inst. océanogr.*, Paris **4** (3), p. 49-174.
- RICHARDS (F.A.) et THOMSON (T.G.), 1952. — The estimation and characterization of plankton populations by pigment analyses. II. A spectrophotometric method for the estimation of plankton pigments. — *J. mar. Res.*, **11**, p. 156-172.
- SCOR-UNESCO, 1966. — Determination of photosynthetic pigments in sea water. (Monograph on oceanographic methodology). — Paris, Unesco.
- SPENCER (C.P.), 1964. — The estimation of phytoplankton pigments. — *J. Cons.*, **28** (3), p. 327-334.
- STRICKLAND (J.D.H.), 1960. — Measuring the production of marine phytoplankton. — *Bull. Fish. Res. Bd Canada*, n° 122.
- STRICKLAND (J.D.H.) et PARSONS (T.R.), 1965. — A manual of sea water analysis. — *Bull. Fish. Res. Bd Canada*, n° 125 (2<sup>e</sup> edit. revised).